

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-129946

(43)Date of publication of application : 19.05.1995

(51)Int.Cl.

G11B 5/66

(21)Application number : 05-277687

(71)Applicant : VICTOR CO OF JAPAN LTD

(22)Date of filing : 08.10.1993

(72)Inventor : ANDO TOSHIO  
MIZUKAMI MAKOTO

(30)Priority

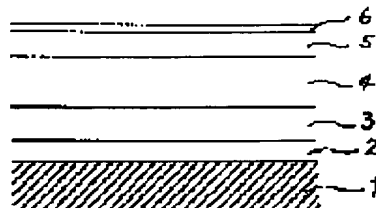
Priority number : 05251178 Priority date : 13.09.1993 Priority country : JP

## (54) PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PURPOSE: To prevent the demagnetization of a medium due to turning, to reduce medium noise, to attain high reproduction output and to obtain a perpendicular magnetic recording medium having high performance and high quality.

CONSTITUTION: A soft magnetic underlayer 4 and a perpendicular magnetic recording layer 5 are successively formed on a discoid substrate 1 to obtain a perpendicular magnetic recording medium 10, a hard magnetic underlayer 3 having magnetization whose entire direction is toward the periphery or center of the substrate 1 in the radial direction is interposed between the substrate 1 and the soft magnetic underlayer 4.

10

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.09.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2947029

[Date of registration] 02.07.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-129946

(43)公開日 平成7年(1995)5月19日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 1 1 B 5/66

識別記号

庁内整理番号

9196-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平5-277687

(22)出願日 平成5年(1993)10月8日

(31)優先権主張番号 特願平5-251178

(32)優先日 平5(1993)9月13日

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000004329

日本ビクター株式会社

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番  
地

(72)発明者 安藤 敏男

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番  
地 日本ビクター株式会社内

(72)発明者 水上 誠

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番  
地 日本ビクター株式会社内

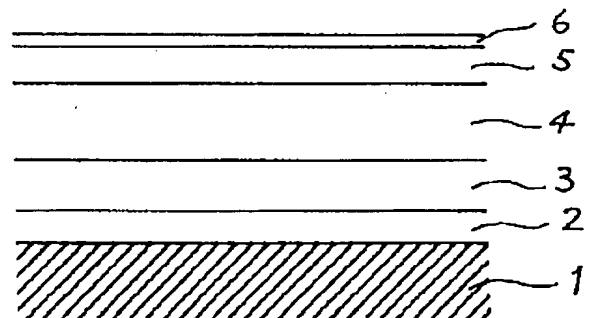
(54)【発明の名称】 垂直磁気記録媒体

(57)【要約】

【目的】 媒体の回転による減磁を防止し、媒体ノイズを低減し、高い再生出力を得ることが出来るようにし、それにより、高性能且つ高品質な垂直磁気記録媒体を提供する。

【構成】 円板状の基板1と、この基板1上に形成された軟磁性下地層4と、この軟磁性下地層4上に形成された垂直磁気記録層5とを備えた垂直磁気記録媒体10において、前記基板1と前記軟磁性下地層4との間に、全ての磁化方向が前記基板1の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかである磁化を有する硬磁性下地層3を設けた。

10



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化方向が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかである磁化を有する硬磁性下地層を設けた事の特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 2】円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化方向が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかであって配向方向が前記基板の面内である面内配向硬磁性下地層を設けた事の特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 3】円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかであって配向方向が前記半径方向である半径配向硬磁性下地層を設けた事の特徴とする垂直磁気記録媒体。

【請求項 4】請求項 3 に記載の垂直磁気記録媒体であって、前記半径配向硬磁性下地層を Sm（サマリウム）を含む Co 合金膜とした事の特徴とする垂直磁気記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、垂直磁気記録媒体に係り、特に軟磁性下地層を有する 2 層膜媒体に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】垂直磁気記録は、面内磁気記録よりも高密度記録ができることから注目されており、これに用いる媒体としては、非磁性基板上に形成された軟磁性下地層と垂直磁気記録層とからなる 2 層膜媒体が多く検討されている。このような 2 層膜媒体は、単磁極型ヘッドと組み合わせることにより、効率の良い磁気記録再生ができる。中でも、Co-Zr 系アモルファス軟磁性膜を下地層とする 2 層膜媒体は、垂直配向性の鋭い垂直磁気記録層を得ることができるため、記録効率の向上には特に有効である。

【0003】しかし、この 2 層膜媒体をディスク状の媒体として用いる場合には、信号記録後に、媒体を回転させているだけで時間とともに減磁して、信号強度が減衰してしまうという問題がある。この減磁現象は、媒体が回転する際に、地磁気等の外部磁界の影響により、アモルファス軟磁性下地層の磁化が容易に反転し、これに伴う強い垂直磁界を発生する磁壁の移動により、垂直磁気

記録層の記録情報が消去されるためと考えられている。

【0004】そこで、本願出願人は先に、特願平 4-103490 号において、上記軟磁性下地層の上に針状粒子を形成して表面に凹凸をつけることによって、減磁を解消する方法を提案した。これを第 1 の従来例として説明する。図 3 は、係る第 1 の従来例及び第 2 の比較例の垂直磁気記録媒体の構成を模式的に示す部分断面図である。同図において、21 は鏡面研磨した円板状のガラス基板であり、このガラス基板 21 の上には、例えば Co-Zr を含むアモルファスの薄膜よりなる軟磁性下地層 24 が形成されている。そして、この軟磁性下地層 24 の表面には、多数の針状粒子 27 が形成される。この針状粒子 27 としては軟磁性下地層 24 の構成材料である Co-Zr 系合金と固溶しにくい材料、例えば Cu、Sn、Zn、Al、Cd、Pb 等の金属やホイスカを形成し易いものを用いる。そして、この針状粒子 27 の上に垂直磁気記録層 25 が形成され、この垂直磁気記録層 25 の上には保護層 26 が形成された構成になっている。

【0005】そして、このような構成の垂直磁気記録媒体 12 では、軟磁性下地層 24 の磁壁の移動が、針状粒子 27 の存在により抑制されるため、軟磁性下地層 24 の保磁力 Hc をある程度大きくすることができ、外部磁界の影響による経時変化を抑えることができ、従って減磁の問題を解消する事ができる。

【0006】また、本願出願人はさらに、特願平 5-63528 号において、上記軟磁性下地層と基板との間にカーボン層を設けた後、真空中で熱処理することによって、減磁を解消する方法も提案した。これを第 2 の従来例として説明する。図 9 は、第 2 の従来例の垂直磁気記録媒体の構成を模式的に示す部分断面図である。同図において、31 は鏡面研磨した円板状のガラス基板であり、このガラス基板 31 の上には、例えば 50 nm の膜厚のクロム層 32 が形成されている。このクロム層 32 の上には、カーボン層 37 が形成されている。このカーボン層 37 の上には、例えば Co-Zr-Nb 系のアモルファスの薄膜よりなる軟磁性下地層 34 が形成されている。そして、この軟磁性下地層 34 の上には、例えば Co-Cr-Ta 系のアモルファス薄膜よりなる垂直磁気記録層 35 が形成され、この垂直磁気記録層 35 の上には、例えば SiO<sub>2</sub> よりなる保護層 36 が形成されている。このような構成を有する垂直記録媒体 13 を、真空中で、回転磁界を作用させながら、熱処理を行う。

【0007】このようにして得られる垂直磁気記録媒体 13 においては、カーボンが、軟磁性下地層 34 中に拡散されることにより、軟磁性下地層 34 の結晶化温度が低くなり、比較的低温の熱処理により軟磁性下地層 34 の結晶化を制御して、その保磁力 (Hc) を適度な値に上昇することができるため、減磁を生じない垂直磁気記録媒体 13 を得ることができる。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、以上説明した方法は、いずれも軟磁性下地層の抗磁力( $H_c$ )を高くすることによって、媒体回転に伴い発生する減磁を防止するものである。軟磁性下地層の $H_c$ を高くする事は、この軟磁性下地層の透磁率 $\mu$ を低下させる事になり、垂直記録媒体からの高い再生出力を得るには不利となる。また、軟磁性下地層と垂直磁気記録層とから構成される垂直磁気記録媒体においては、軟磁性下地層に磁壁が存在するため、この磁壁に起因する媒体ノイズが発生する。

【0009】そこで、本発明は上記の点に着目して、垂直磁気記録媒体において、媒体の回転による減磁を防止し、媒体ノイズを低減し、高い再生出力を得ることが出来るようにし、それにより、高性能且つ高品質な垂直磁気記録媒体を提供することを目的とするものである。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1による本発明の垂直磁気記録媒体は、円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化方向が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかである磁化を有する硬磁性下地層を設けた事により、上述の目的を達成するものである。

【0011】また、請求項2による本発明の垂直磁気記録媒体は、円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化方向が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかであって配向方向が前記基板の面内である面内配向硬磁性下地層を設けた事により、上述の目的を達成するものである。

【0012】また、請求項3による本発明の垂直磁気記録媒体は、円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかであって配向方向が前記半径方向である半径配向硬磁性下地層を設けた事により、上述の目的を達成するものである。

【0013】また、請求項4による本発明の垂直磁気記録媒体は、請求項3に記載の垂直磁気記録媒体であって、前記半径配向硬磁性下地層をSm(サマリウム)を含むCo合金膜とした事により、上述の目的を達成するものである。

#### 【0014】

【実施例】以下、添付図面を参照して本発明の実施例について説明する。

<実施例1>図1は、本発明の垂直磁気記録媒体の第1

の実施例の構成を模式的に示す部分断面図である。同図に示すように、この垂直磁気記録媒体10は、鏡面研磨した円板状のガラス基板1と、このガラス基板1の上に順に形成されたクロム層2、硬磁性下地層3、軟磁性下地層4、垂直磁気記録層5及び保護層6とから構成されている。

【0015】以下、本発明の実施例1についてその具体的な製造方法を説明する。ガラス基板1に形成する各層2、3、4、5、6の成膜は、図7にその電極付近の概略断面図を示したときDCマグネトロンスパッタ装置を用いておこなった。この装置では、例えばCo-Zr-Nbのごときターゲット43の下方中央部には、第1の希土類永久磁石41が、ターゲット43の下方外周部には第2の希土類永久磁石42が配置されており、これら第1と第2の希土類永久磁石41、42の極性は、図7中に示したようにそれぞれ逆にしてある。また、ターゲット43の上方には、鏡面研磨した円板状のガラス基板1が配置されている。このような配置によって、ガラス基板1は前記した第1と第2の希土類永久磁石41、42によって常にその半径方向に約4kA/mの磁界が加えられる構成になっている。なお、これらの希土類永久磁石41、42はマグネトロンの磁石としても作用し、ターゲット43近傍のプラズマを集束させてハイレートで成膜することにも寄与するものである。

【0016】また、この装置による成膜条件は、ガス圧0.067PaのAr雰囲気、電力密度を1.0~2.0W/cm<sup>2</sup>、ターゲット-基板間距離を60mm、基板温度を150℃~250℃とした。なお、ターゲット43は硬磁性下地層3用として直径203mmのCo-Cr15-Ta4at%合金を使用し、軟磁性下地層4用として直径203mmのCo-Zr7-Nb5at%合金を使用し、垂直磁気記録層5用として同サイズのCo-Cr15-Ta4at%合金を使用し、保護層6用として同サイズのSiO<sub>2</sub>を使用した。

【0017】まず、直径95mmの鏡面仕上げのソーダライムガラス基板1上にクロム層2を50乃至100nmの膜厚で成膜し、その上に、Co-Cr15-Ta4at%合金をターゲット43として硬磁性下地層3を25乃至200nmの膜厚で成膜した。クロム層2は、硬磁性下地層3の磁化を面内配向させるために設けたものである。なお、実際には、記録再生特性及び磁気特性に対する硬磁性下地層3の膜厚依存性を見るために硬磁性下地層3の膜厚について、25nm、50nm、100nm、200nmの各膜厚のサンプルをそれぞれ複数個製作した。

【0018】次いで、Co-Zr7-Nb5at%合金をターゲット43として軟磁性下地層4を500nm成膜後、直ちにCo-Cr15-Ta4at%合金をターゲット43として垂直磁気記録層5を75nm成膜した。ここで直ちに成膜することにより、Co-Zr-Nbと

Co-Cr-Taとが直接結合し、強く垂直配向する垂直磁気記録層5が得られる。最後に保護層6としてSiO<sub>2</sub>を10nm形成した。このようにして成膜を終えた後、磁界中熱処理を行った。図8は、垂直磁気記録媒体10の製造工程の1つである磁界中熱処理を説明するための概念図である。図8に示すように、10<sup>-3</sup>Pa以下の真空中雰囲気において、24kA/mの磁界中で成膜後の垂直磁気記録媒体10をその回転中心軸9の回りに回転させながら、300℃で、3時間の熱処理を行なって、垂直磁気記録媒体10を得た。

【0019】ここで、本実施例1と特性比較するために、比較例1及び2の垂直磁気記録媒体を製作した。比較例1の垂直磁気記録媒体11は、図2に示すように構成されており、ガラス基板1と、この上に順に形成された軟磁性下地層4、垂直磁気記録層5及び保護層6とからなる。各層4、5、6の材質及び成膜条件は、上述の実施例1の場合と同一である。

【0020】比較例2の垂直磁気記録媒体12は、図3に示した第1の従来例と同一の構成とした。具体的には、軟磁性下地層24、垂直磁気記録層25、保護層26及び針状粒子27を成膜ないし形成するために、上述した図7に示される構造のDCマグネトロンスパッタ装置を使用した。ターゲット43は、軟磁性下地層24用として、直径203mmのCo-Zr7-Nb5at%合金上に、不純物としてのCu(7×7×1mm)をエロージョンエリア上に16個配置したものを用い、また垂直磁気記録層25用として、同サイズのCo-Cr15-Ta4at%合金を用い、保護膜26用として、同サイズのSiO<sub>2</sub>を用いた。基板21としては、直径95mmの鏡面仕上げしたソーダライムガラスを用いた。

【0021】成膜条件は、ガス圧0.067PaのAr雰囲気とし、電力密度を1.0～2.0W/cm<sup>2</sup>とし、ターゲット-基板間距離を60mmとし、基板温度

を150℃とした。まず、ガラス基板21上に、軟磁性下地層24を500nmの厚さに形成し、直ちに垂直磁気記録層25を75nmの厚さに形成し、その後保護層26を20nmの厚さに形成し、垂直磁気記録媒体12を得た。なお、軟磁性下地層24を形成するとき、ターゲット43には、針状粒子27形成用の不純物としてのCuが配置されているので、軟磁性下地層24の表面には多数のCu針状粒子27が形成されてる。

【0022】次に、これらのサンプル(実施例1、比較例1及び比較例2)の特性評価結果について説明する。まず、記録再生特性について述べる。なお、これらのサンプルについての記録再生特性は、トラック幅8μm、主磁極厚0.4μm、コイル巻数60ターンの単磁極ヘッドを用い、ディスク回転数2070rpm、線速度8m/s、ヘッド浮上量80nmの条件で測定を行なった。

【0023】100kHzの矩形波信号を記録再生し、オシロスコープによって孤立波再生出力E<sub>p-p</sub>(nV/(μm·t·m/s))を測定した。ここで、再生出力は、トラック幅(μm)、コイル巻数(t)及び線速度(m/s)で、規格化してある。6.67MHzの信号を記録再生し、そのときのノイズ成分とシステムノイズとの差分を、帯域16MHzにわたってスペクトルアナライザにより測定し、媒体ノイズ(μV<sub>rms</sub>)を得た。また、垂直磁気記録媒体を回転開始した直後の再生出力と、2×10<sup>4</sup>回転後の再生出力の比を減磁量(dB)とした。一方、垂直磁気記録媒体の磁気特性については、VSMで評価した。各試料につき、M-H曲線を測定し、軟磁性下地層/硬磁性下地層の複合層の透磁率μを得た。以上の測定結果を、表1に示す。

【0024】

【表1】

特性 試料	E <sub>p-p</sub> (nV/(μm·t·m/s))	ノイズ (μV <sub>rms</sub> )	減磁量 (dB)	透磁率μ (注1)
実施例1	118	1.4	0.13	2500
比較例1	120	1.8	4.5	3000
比較例2	77	2.8	0.14	1500

注1：硬磁性下地層/軟磁性下地層からなる複合層の1MHzにおける透磁率を示す。

従って、比較例1及び2は軟磁性下地層の透磁率である。

【0025】表1によれば、本発明の実施例1の垂直磁気記録媒体10は、硬磁性下地層3を有しない比較例1に対して、再生出力は同等であるが、媒体ノイズは低下しており、結果として、S/Nが改善されており、減磁量については測定限界程度にまで改善されており、減磁

量を改善した比較例2と同等である。なお、透磁率については、本発明の実施例1においては、下地層が軟磁性下地層4のみからなる比較例1より劣るものの、針状粒子を形成した比較例2より高い値を示している。

【0026】次に、軟磁性下地層/硬磁性下地層の複合

層のM-H（磁化）曲線を説明する。図5は、本発明の垂直磁気記録媒体の第1の実施例を構成する軟磁性下地層4／硬磁性下地層3の複合層のM-H曲線を示すグラフ図であり、横軸は印加磁界の強度を、縦軸は磁化を、曲線l、mは飽和磁化曲線を、曲線n1、n2、n3はマイナーループをそれぞれ示す。なお、このM-H曲線の測定は基板の面内方向に磁界を印加して行ったので、垂直磁気記録層5があっても、この垂直磁気記録層5は、基板面に垂直方向に強い異方性を持つため、以下に述べる測定結果に影響を与えない事が分かっている。

【0027】まず、磁化されていない複合層に、正方向に増加する磁界Hを印加すると、図に示されていない初磁化曲線を辿り、正方向に磁化され、硬磁性下地層3を正方向に充分飽和する磁界強度である5000eでA点に達し、磁化Mは正方向に飽和する。次に、印加磁界Hを減少させると、磁化Mは曲線mを辿り減少していく。磁界Hが0に達すると、今度は負方向に磁界Hを増加させていく。磁界Hが-Hc（抗磁力）に達すると、磁化Mは0となる。さらに、負方向に磁界Hを増加させると、複合層は負方向に磁化され、磁界Hが-H1（反転磁界とする）になるとB点に達する。

【0028】次に、B点において磁界を反転し、正方向に磁界Hを変化させていくと、M-H曲線はマイナーループを描き、曲線n1に沿って磁化Mは変化していく。そして、磁化Mが0となったときの磁界HをHm（H1）として求める。さらに磁界Hを正方向に変化させていくと、正方向に磁化され、C点を経て、磁界Hが5000eになると再びA点に達する。この操作を繰り返し、正の飽和磁界から磁界Hを-H2まで減少させ、そこで正方向に変化させると曲線n2とHm（H2）、正の飽和磁界から磁界Hを-H3まで減少させ、そこで正方向に変化させると曲線n3とHm（H3）が得られる。なお、負方向に充分飽和する磁界強度は、-5000eでD点で示される。

【0029】一方、図6に、第2の比較例の垂直磁気記録媒体12を構成する軟磁性下地層4のM-H曲線を示す。同図において、横軸は印加磁界の強度を、縦軸は磁化を、曲線r、sは飽和磁化曲線を、曲線t1、t2、t3はマイナーループをそれぞれ示す。なお、垂直磁気記録層25の測定に与える影響は、上述の本発明の実施例と同様に無視できる。

【0030】まず、磁化されていない針状粒子27を含む軟磁性下地層24に、正方向に増加する磁界Hを印加すると、図に示されていない初磁化曲線を辿り、正方向に磁化され、軟磁性下地層24を正方向に充分飽和する磁界強度である5000eでA'点に達し、磁化Mは正方向に飽和する。次に、印加磁界Hを減少させると、磁化Mは曲線sを辿り減少していく。磁界Hが0に達すると、今度は負方向に磁界Hを増加させていく。磁界Hが-Hc（抗磁力）に達すると、磁化Mは0となる。さら

に、負方向に磁界Hを増加させると、軟磁性下地層24は負方向に磁化され、磁界Hが-H1'（反転磁界とする）になるとB'点に達する。

【0031】次に、B点において磁界を反転し、正方向に磁界Hを変化させていくと、M-H曲線はマイナーループを描き、曲線t1に沿って磁化Mは変化していく。そして、磁化Mが0となったときの磁界HをHm（H1'）として求める。以下、上述の本実施例1の複合層の場合と同様に測定した。

【0032】このようにして、反転磁界Hと、反転磁界Hの時の磁化が0になる磁界Hm（H）との関係を求めたのが、図4であり、同図は、軟磁性下地層／硬磁性下地層の磁化曲線における規格化した印加（反転）磁界H/Hc（このHcは抗磁力である）とマイナーループのHm（H）との関係を示すグラフ図である。図4においては、複合層の硬磁性下地層3の膜厚を、25nm、50nm、100nm、200nmとしたときの結果と、比較例2の結果とを示してある。

【0033】本発明の実施例1のM-H曲線を示す図5において特徴的なのは、Hm（H）が負になっていることである。これは、図4において、Hm（H）が負の領域にラインが存在する事に相当する。図5には、A、B、C各点における磁化の方向を四角枠内の矢印で示してあり（上段は軟磁性下地層4、下段は硬磁性下地層3の磁化の方向をそれぞれ示す）、B点では、軟磁性下地層4のみが負の方向に反転し、硬磁性下地層3は正方向に磁化しているために、軟磁性下地層4と硬磁性下地層3との磁氣的相互作用により、C点では磁界は負であるにもかかわらず、軟磁性下地層4の磁化は正方向に復帰している。

【0034】図4において、本発明の実施例1では硬磁性下地層3の膜厚に係わらず、いずれも負の領域までラインが伸びており、磁氣的相互作用が強いことを示している。なお、後述の実施例2の説明において詳細に説明してあるが、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合膜について、それらの間に交換相互作用または静磁結合を仮定してシミュレーションを行い、M-H曲線を得ているが、この方法により、上述の磁氣的相互作用は交換相互作用であることが確認されている。

【0035】つまり、図5に示すように、見掛けのHcは約60eと減磁やスパイクノイズを防止するのに充分大きく、且つ、軟磁性下地層4自体のHc（soft）はそれよりもずっと小さい。その数値は、図4及び以下に示す式で推定できる。つまり、図4において、磁界HによってHm（H）が変化しているのは、硬磁性下地層3の残存磁化が変化しているためであり、横軸が|H|/Hc=1の点（Hm（1））では、硬磁性下地層3の磁化変化がほとんど無いと考えられ、軟磁性下地層4の磁化だけが反転した状態であり、このHm（1）と-Hcとの差が軟磁性下地層4のみの場合の抗磁力（Hc（sof

t) ) の2倍と考えられる。すなわち、次の式で表される。

$$H_c(\text{soft}) = \frac{H_m(1) - (-H_c)}{2} = \frac{H_m(1) + H_c}{2}$$

【0037】これより、軟磁性下地層4自体の $H_c$  (soft) は、硬磁性下地層3が50nm以上のものでは $H_c$ の15% (10e) 程度、25nmのものでも40% (2~2.50e) 程度と評価され、軟磁性下地層4が本来持っている軟磁気特性を保持するのに充分小さい値である。このため、表1に示すように透磁率 $\mu$ 及び再生出力 $E_{p-p}$ は高い値を維持している。これに対し図6に示す比較例2では、軟磁性下地層24そのものの $H_c$ が高くなっているため、 $H_m(H)$ は常に $H_c$ とほぼ等しく、図4のラインが負になることはない(なお、図6において、四角枠内の矢印は、 $A'$ 、 $B'$ 、 $C'$ 、 $D'$ 各点における磁化の向きを示す)。従って、軟磁気特性が損なわれており、透磁率 $\mu$ が低くなっている。このことと、またCuが添加してあるため、磁束密度が下がっていることで出力が低くなっている。

【0038】なお、本実施例1において、円板状ガラス基板上の硬磁性下地層を一方方向に磁化させるのには、硬磁性下地層を形成するDCマグネトロンスパッタ時の基板の半径方向に印加されている磁界によったが、これに限定されるものではなく、硬磁性下地層を形成後に、半径方向の一方方向に着磁すること等によっても磁化出来る事はいうまでもない。

【0039】<実施例2>図10は、本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例の構成を模式的に示す部分断面図である。同図に示すように、垂直磁気記録媒体50は、鏡面研磨した円板状のガラス基板1と、このガラス基板1の上に順に形成された硬磁性下地層53、軟磁性下地層4、垂直磁気記録層5及び保護層6とから構成されている。

【0040】以下、本発明の第2の実施例についてその具体的な製造方法を説明する。ガラス基板1に形成する各層53、4、5、6の成膜には、上述の実施例1の製造に際して使用した図7に示される構造のDCマグネトロンスパッタ装置を使用した。

【0041】成膜条件は、ガス圧0.067~0.13PaのAr雰囲気、電力密度を0.5~2.0W/cm<sup>2</sup>、ターゲット-基板間距離を60mm、基板温度を150℃~250℃とした。なお、ターゲット43は硬磁性下地層53用としては、直径203mmのCo上のエロージョンエリアとなるべき近辺に、Smのチップ(サイズ:5×5×1mm)を32~48個配置して構成した複合ターゲットを使用した。また、ターゲット43は、軟磁性下地層4用としては、直径203mmのCo-Zr5-Nb4at%合金を使用し、垂直磁気記録層5用としては、同サイズのCo-Cr15-Ta4at

【0036】

【数1】

%合金を使用し、保護層6用として同サイズのSiO<sub>2</sub>を使用した。

【0042】まず、直径95mmの鏡面仕上げされたソーダライムガラス基板1上に、上述したCo-Sm複合ターゲットをターゲット43として硬磁性下地層53を100乃至200nmの膜厚で成膜した。硬磁性下地層53中のSmの組成は、複合ターゲット上のSmチップ数と配置関係及びスパッタ電力によって変化するが、得られたSm組成比は11~33at%であった。

【0043】次いで、Co-Zr5-Nb4at%合金をターゲット43として軟磁性下地層4を500nm成膜後、直ちにCo-Cr15-Ta4at%合金をターゲット43として垂直磁気記録層5を75nm成膜した。ここで直ちに成膜することにより、Co-Zr-NbとCo-Cr-Taとが直接結合し、強く垂直配向する垂直磁気記録層5が得られる。また、成膜中には、マグネトロンの磁石41、42によって、常に約4kA/mの磁界が基板1の半径方向に加えられているので、硬磁性下地層53と軟磁性下地層4の磁化及び磁化容易軸は基板1の半径方向に揃えられる。最後に保護層6としてSiO<sub>2</sub>を15nm形成した。

【0044】このようにして成膜を終えた後、実施例1と同様の磁界中熱処理を行った。すなわち、10<sup>-3</sup>Pa以下の真空中雰囲気において、24kA/mの磁界中で成膜後の垂直磁気記録媒体50をその回転中心軸の回りに回転させながら、300℃で、3時間の熱処理を行なって、垂直磁気記録媒体50を得た。

【0045】ここで、本実施例2と特性比較するために、上述の実施例1と比較例3を用いた。比較例3の垂直磁気記録媒体は別に製作した。比較例3の垂直磁気記録媒体51は、図11に示すように構成されており、ガラス基板1と、この上に順に形成された軟磁性下地層4、垂直磁気記録層5及び保護層6とからなる。各層4、5、6の材質及び成膜条件は、上述の実施例2の場合と同一である。

【0046】次に、これらの試料(実施例2、実施例1及び比較例3)の特性評価結果について説明する。まず、記録再生特性について述べる。なお、これらの試料についての記録再生特性は、トラック幅8μm、主磁極厚0.4μm、コイル巻数60ターンの単磁極ヘッドを用い、ディスク回転数2070rpm、線速度8m/s、ヘッド浮上量80nmの条件で測定を行った。

【0047】100kHzの矩形波信号を記録再生し、オシロスコープによって孤立波再生出力 $E_{p-p}$  (nV/(μm·t·m/s))を測定した。ここで、再生出力

は、トラック幅 ( $\mu\text{m}$ )、コイル巻数 ( $t$ ) 及び線速度 ( $\text{m/s}$ ) で、規格化してある。比較例 1 に対する比を  $\text{dB}$  で表した。6.67 MHz の信号を記録再生し、そのときのノイズ成分とシステムノイズとの差分を、帯域 16 MHz にわたってスペクトルアナライザにより測定し、媒体ノイズ ( $\mu\text{V}_{\text{rms}}$ ) を得た。比較例 1 に対する比を  $\text{dB}$  で表した。上記の孤立波再生出力  $E_{\text{pp}}$  と媒体

ノイズの比を  $S/N$  とし、比較例 3 に対する比を  $\text{dB}$  で表した。また、垂直磁気記録媒体を回転開始した直後の再生出力と、 $2 \times 10^4$  回転後の再生出力の比を減磁量 ( $\text{dB}$ ) とし、実施例 1 に対する比を  $\text{dB}$  で表した。以上の測定結果を、表 2 に示す。

【0048】

【表 2】

特性 試料	再生出力 (dB)	ノイズ (dB)	$S/N$ (dB)	減磁量 (dB)
実施例 2	0.71	-1.38	2.1	0
実施例 1	1.35	1.47	-0.1	0.13
比較例 3	0	0	0	4.5

【0049】表 2 によれば、本発明の実施例 2 の垂直磁気記録媒体 50 は、硬磁性下地層 53 を有しない比較例 3 に対して、再生出力は増加し、媒体ノイズは低下しており、結果として、 $S/N$  が 2.1 dB と大幅に改善されている。実施例 1 は比較例 3 に対しては  $S/N$  は同等である。本発明による垂直磁気記録媒体 50 は、減磁量については測定限界程度にまで改善されており、減磁量を改善した実施例 1 と同等である。

【0050】次に、磁気特性について説明する。垂直磁気記録媒体の磁気特性については、VSM で評価した。まず、CoSm 膜単体の磁気特性を説明する。図 15 は、本発明の垂直磁気記録媒体の実施例 2 における硬磁性下地層 53 を構成する CoSm 膜単体の M-H 曲線を示す図であり、円板状の基板 1 の面内について円周方向と半径方向での測定結果を示す。同図にみるとおり、半径方向の M-H 曲線は、ほぼ 1 の角型比を示し、一方、円周方向の M-H 曲線は緩やかな傾斜を示す。これより、CoSm 膜は、半径方向に強く配向していることがわかる。また、Sm の組成比 11~33 at% の範囲内で同様の M-H 曲線が得られており、保磁力  $H_c$  は 50~100 Oe の範囲であった。なお、この CoSm 膜は、上述した硬磁性下地層 53 の製法と同様に製作されており、磁界中熱処理も実施されている。

【0051】次に、硬磁性下地層/軟磁性下地層の複合層の M-H 曲線を説明する。まず、硬磁性下地層として CoSm 膜を、軟磁性下地層として CoZrNb 膜を用いたときの複合層の M-H 曲線の推定を、磁氣的相互作用を考慮したシミュレーションにより行った。図 16 には、シミュレーションに用いられた CoSm 膜及び CoZrNb 膜単体の M-H 曲線を示す。図 17 は、CoSm 膜と CoZrNb 膜の複合層について、CoSm 膜と CoZrNb 膜との間に磁氣的相互作用（静磁結合及び交換結合）がないとしてシミュレーションした結果得られた M-H 曲線を示している。すなわち、図 16 中の 2 曲線を単純に重ね合わせた結果が得られている。

【0052】一方、図 18 は、CoSm 膜と CoZrNb 膜の複合層について、CoSm 膜と CoZrNb 膜と

の間に交換結合の磁氣的相互作用のみがあるとしてシミュレーションした結果得られた M-H 曲線を示している。見掛け上の保磁力  $H_c$  は大きくなっている。また、図 20 は、CoSm 膜と CoZrNb 膜の複合層について、CoSm 膜と CoZrNb 膜との間に静磁結合の磁氣的相互作用のみがあるとしてシミュレーションした結果得られた M-H 曲線を示している。見掛け上の保磁力  $H_c$  は負の値を示している。

【0053】実際の複合膜の M-H 曲線を図 14 に示す。図 14 において、(A) は、本発明の垂直磁気記録媒体の実施例 2 を構成する、軟磁性下地層/硬磁性下地層の複合層の間に中間層がある場合の M-H 曲線を、(B) は、本発明の垂直磁気記録媒体の実施例 2 を構成する、軟磁性下地層/硬磁性下地層の複合層の M-H 曲線を、それぞれ示す。なお、硬磁性下地層として CoSm 膜を、軟磁性下地層として CoZrNb 膜を、中間層としては 2 nm の  $\text{SiO}_2$  層を、上述の実施例 2 と同様に成膜した。

【0054】図 14 (A) に示す M-H 曲線は、図 17 に示す M-H 曲線と相似であり、中間層の存在により、CoSm 膜と CoZrNb 膜の磁氣的相互作用が断ち切られている。一方、図 14 (B) に示す M-H 曲線は、図 18 に示す M-H 曲線と相似であり、CoSm 膜と CoZrNb 膜との間には強い交換結合が作用していることがわかる。なお、図 20 に示す M-H 曲線の形より、CoSm 膜と CoZrNb 膜の間に、静磁結合が単独では作用していないことがわかる。

【0055】各試料につき、M-H 曲線を測定し、軟磁性下地層/硬磁性下地層の複合層の印加磁界とその磁界に対応したマイナーループの反転磁界との関係を明らかにした。軟磁性下地層/硬磁性下地層の複合層の M-H (磁化) 曲線を説明する。まず、図 19 に示した、複合層について得られる、印加磁界  $H$  と反転磁界  $H_m$  との関係を示すマイナーループについて説明する。図 19 において、横軸は印加磁界  $H$  の強度を、縦軸は磁化  $M$  を、 $u$  は飽和磁化曲線 (部分) を、 $v$  はマイナーループをそれぞれ示す。なお、この M-H 曲線の測定は基板 1 の面内



方向に磁界を印加して行ったので、垂直磁気記録層 5 があっても、この垂直磁気記録層 5 は、基板 1 面に垂直方向に強い異方性を持つため、以下に述べる測定結果に影響を与えない事が分かっている。

【0056】まず、磁化されていない複合層に、正方向に増加する磁界  $H$  を印加すると、図に示されていない初磁化曲線を辿り、正方向に磁化され、硬磁性下地層を正方向に充分飽和する磁界強度である  $a$  点に達し、磁化  $M$  は正方向に飽和する。次に、印加磁界  $H$  を減少させると、磁化  $M$  は曲線  $u$  を辿り減少していく。磁界  $H$  が 0 に達すると、今度は負方向に磁界  $H$  を増加させていく。磁界  $H$  が  $c$  点で示す  $-H_c$  (保磁力) に達すると、磁化  $M$  は 0 となる。さらに、負方向に磁界  $H$  を増加させると、複合層は負方向に磁化され、磁界  $H$  が  $-H_1$  になると  $b$  点に達する。

【0057】次に、 $b$  点において磁界を反転し、正方向に磁界  $H$  を変化させていくと、 $M-H$  曲線はマイナーループを描き、曲線  $v$  に沿って磁化  $M$  は変化していく。そして、磁化  $M$  が 0 となったときの  $d$  点で示される磁界  $H$  を  $H_m$  ( $H_1$ ) として求める ( $H_m$  を反転磁界とする)。さらに磁界  $H$  を正方向に変化させていくと、正方向に磁化され、再び  $a$  点に達する。この操作を繰り返し、印加磁界  $H$  と反転磁界  $H_m$  との関係を求めた。

【0058】図 12 に、本発明の実施例 2 である、硬磁性下地層 2 が半径配向した  $Co-Sm$  のときの軟磁性下地層 3/硬磁性下地層 2 の複合層の、印加磁界  $H$  とその磁界に対応したマイナーループの反転磁界  $H_m$  との関係を、実施例 1 と共に示す。本実施例 2 においては、 $H$  が  $500\text{e}$  ( $4\text{kA/m}$ ) までは  $H_m$  は負の一定の値を示している。この事は、媒体の保存状態において、 $500\text{e}$  より小さな磁界が硬磁性下地層 53 の磁化と反対方向に仮に加わっても、磁界を 0 に戻せば再び元の磁化状態に復帰することを示している。

【0059】一方、実施例 1 の軟磁性下地層 3/硬磁性下地層 7 の複合層では、印加磁界  $H$  に対して  $H_m$  は単調に変化しており、これは、媒体保存時に、反対方向に保磁力をわずかに越える磁界が加わると、元の磁化状態には復帰せず、媒体を使用するときに、減磁、スパイクノイズを引き起こす危険性のあることを示すものである

(もちろん、上述の実施例 1 で説明したように、従来例に対しては、保磁力そのものが遥かに大きくなっており、減磁が改善されていることは明白である)。

【0060】次に、硬磁性下地層 53、3 の結晶性を X 線解析法によって調べた結果について説明する。図 13 は、本発明の垂直磁気記録媒体の実施例 1 及び実施例 2 の垂直磁気記録媒体の X 線回折パターンを示す図である。同図に示すように、実施例 1 の硬磁性下地層 3 においては、 $bcc-Cr$  及び  $hcp-CoCrTa$  の明確なピークが観測され、明らかに結晶質である事がわかった。一方、本実施例 2 の硬磁性下地層 53 においては、

$CoSm$  からのピークは観測されず、これより硬磁性下地層 53 は、非晶質もしくは微結晶質であることがわかった。なお、回折には、 $Cu$  ターゲットを使用し、実施例 2 の場合は、回折ピークを確認するために、実施例 1 に対し 4 倍のターゲット電流を流した。

【0061】さらに、走査型電子顕微鏡 (SEM) によって、単独に基板 1 上に作製された硬磁性下地層 53、3 の薄膜表面を観察したところ、実施例 1 の硬磁性下地層 3 については、明瞭な結晶粒が観察されたのに対し、本実施例 2 の硬磁性下地層 53 の  $CoSm$  には、結晶粒は見られず、表面も平滑である事がわかった。

【0062】なお、使用する硬磁性下地層 53 の磁気特性および膜厚の範囲は、軟磁性下地層 4 の磁気特性、膜厚との関連で決定され、図 12 に示したカーブにおいて、 $H_m$  が立ち上がる磁界が外来磁界に比べて充分大きくなるように、例えば  $500\text{A/m}$  以上になるように設定すればよい。

【0063】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1 による本発明の垂直磁気記録媒体によれば、円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化方向が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかである磁化を有する硬磁性下地層を設けた事により、媒体の回転による減磁を防止し、媒体ノイズを低減し、高い再生出力を得ることが出来、それにより、高性能且つ高品質な垂直磁気記録媒体を提供する事が出来る。

【0064】また、請求項 2 による本発明の垂直磁気記録媒体によれば、円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化方向が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかであって配向方向が前記基板の面内である面内配向硬磁性下地層を設けた事により、媒体の回転による減磁を防止し、媒体ノイズを低減し、高い再生出力を得ることが出来、それにより、高性能且つ高品質な垂直磁気記録媒体を提供する事が出来る。

【0065】また、請求項 3 による本発明の垂直磁気記録媒体によれば、円板状の基板と、この基板上に形成された軟磁性下地層と、この軟磁性下地層上に形成された垂直磁気記録層とを備えた垂直磁気記録媒体において、前記基板と前記軟磁性下地層との間に、全ての磁化が前記基板の半径方向の外周向き或いは中心向きのいずれかであって配向方向が前記半径方向である半径配向硬磁性下地層を設けた事により、媒体の回転による減磁を防止し、媒体ノイズを低減し、高い再生出力を得ることが出来、それにより、高性能且つ高品質な垂直磁気記録媒体

を提供する事が出来る。

【0066】また、請求項4による本発明の垂直磁気記録媒体によれば、請求項3に記載の垂直磁気記録媒体であって、前記半径配向硬磁性下地層をSm（サマリウム）を含むCo合金膜とした事により、媒体の回転による減磁を防止し、媒体ノイズを低減し、高い再生出力を得ることが出来、それにより、高性能且つ高品質な垂直磁気記録媒体を提供する事が出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の垂直磁気記録媒体の第1の実施例の構成を模式的に示す部分断面図である。

【図2】第1の比較例の垂直磁気記録媒体の構成を模式的に示す部分断面図である。

【図3】第1の従来例及び第2の比較例の垂直磁気記録媒体の構成を模式的に示す部分断面図である。

【図4】軟磁性下地層／硬磁性下地層のM-H曲線における規格化した印加磁界H/H<sub>c</sub>とマイナーループのH<sub>m</sub>（H）との関係を示すグラフ図である。

【図5】本発明の垂直磁気記録媒体の第1の実施例を構成する軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層のM-H曲線を示すグラフ図である。

【図6】第2の比較例の垂直磁気記録媒体を構成する軟磁性下地層のM-H曲線を示すグラフ図である。

【図7】垂直磁気記録媒体の製造に使用されるDCマグネトロンスパッタ装置のターゲット電極付近の構成を示す概略断面図である。

【図8】垂直磁気記録媒体の製造工程の1つである磁界中熱処理を説明するための概念図である。

【図9】第2の従来例の垂直磁気記録媒体の構成を模式的に示す部分断面図である。

【図10】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例の構成を模式的に示す部分断面図である。

【図11】第3の比較例の垂直磁気記録媒体の構成を模式的に示す部分断面図である。

【図12】本発明の垂直磁気記録媒体の第1及び第2の実施例の垂直磁気記録媒体を構成する軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層の、印加磁界Hとその磁界に対応したマイナーループの反転磁界H<sub>m</sub>との関係を表すグラフ図である。

【図13】本発明の垂直磁気記録媒体の第1及び第2の実施例の垂直磁気記録媒体のX線回折パターンを示す図である。

【図14】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例を構成する、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層の間に中間層がある場合とない場合のM-H曲線を示す図である。

【図15】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例における硬磁性下地層2を構成するCoSm膜単体のM-H曲線を示す図である。

【図16】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例を構成する軟磁性下地層と硬磁性下地層それぞれについて、シミュレーションした結果得られたM-H曲線を示す図である。

【図17】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例を構成する、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層について、軟磁性下地層と硬磁性下地層との間に磁氣的相互作用がないとしてシミュレーションした結果得られたM-H曲線を示す図である。

【図18】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例を構成する、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層について、軟磁性下地層と硬磁性下地層との間に交換相互作用があるとしてシミュレーションした結果得られたM-H曲線を示す図である。

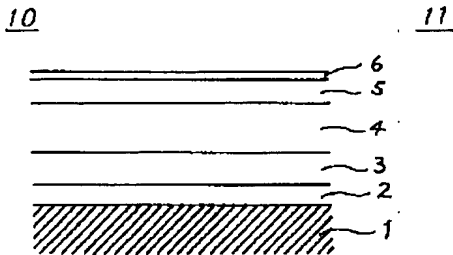
【図19】印加磁界Hと反転磁界H<sub>m</sub>との関係を説明するためのマイナーループを示す図である。

【図20】本発明の垂直磁気記録媒体の第2の実施例を構成する、軟磁性下地層／硬磁性下地層の複合層について、軟磁性下地層と硬磁性下地層との間に静磁結合があるとしてシミュレーションした結果得られたM-H曲線を示す図である。

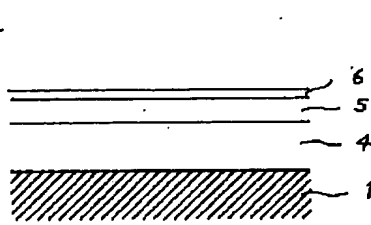
【符号の説明】

- 1 円形基板
- 2 クロム層
- 3 硬磁性下地層
- 4 軟磁性下地層
- 5 垂直磁気記録層
- 6 保護層
- 9 回転中心軸
- 10 垂直磁気記録媒体（実施例1）
- 11 垂直磁気記録媒体（比較例1）
- 12 垂直磁気記録媒体（従来例1）
- 13 垂直磁気記録媒体（従来例2）
- 21 ガラス基板
- 24 軟磁性下地層
- 25 垂直磁気記録層
- 26 保護層
- 31 ガラス基板
- 32 クロム層
- 34 軟磁性下地層
- 35 垂直磁気記録層
- 36 保護層
- 37 カーボン層
- 41 第1の永久磁石
- 42 第2の希土類永久磁石
- 43 ターゲット
- 50 垂直磁気記録媒体（実施例2）
- 51 垂直磁気記録媒体（比較例1）
- 53 硬磁性下地層

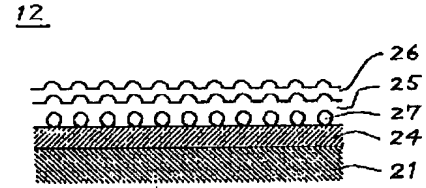
【図1】



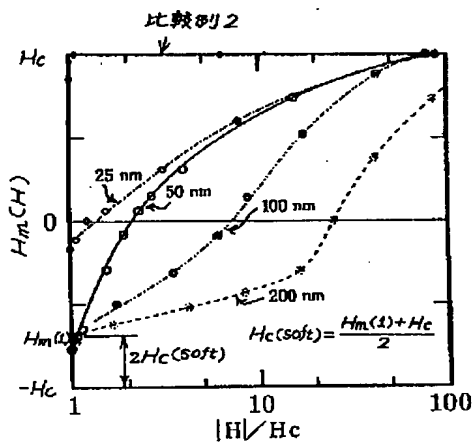
【図2】



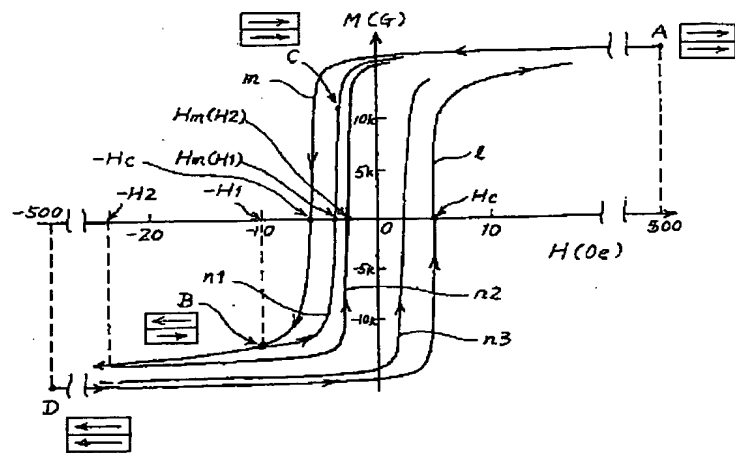
【図3】



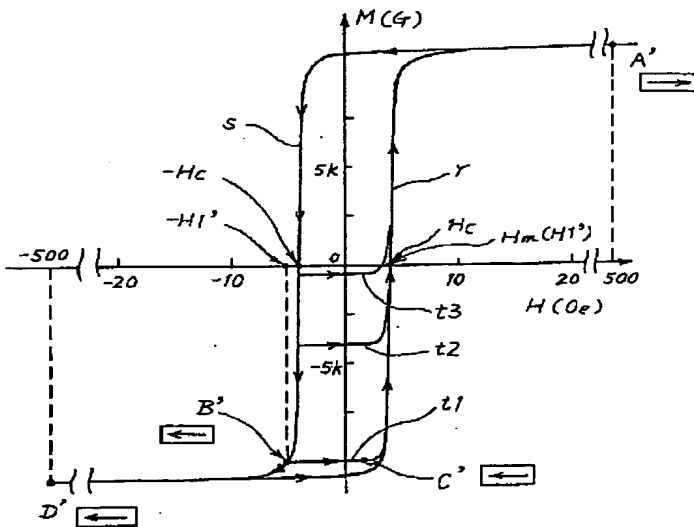
【図4】



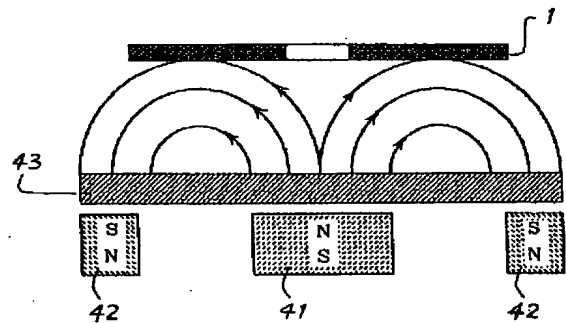
【図5】



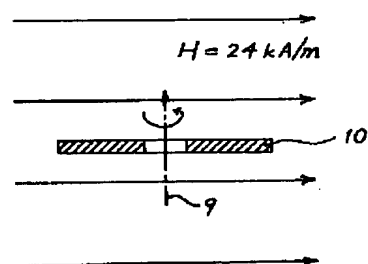
【図6】



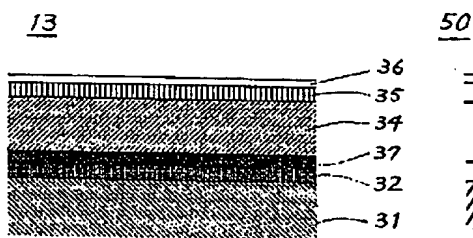
【図7】



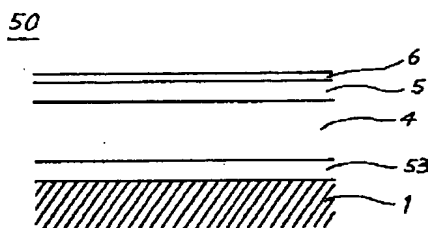
【図8】



【図9】



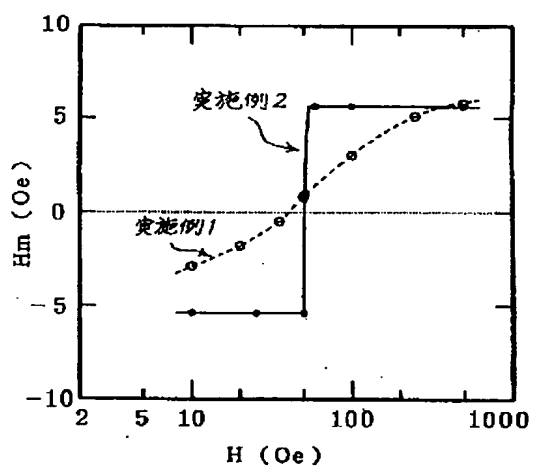
【図10】



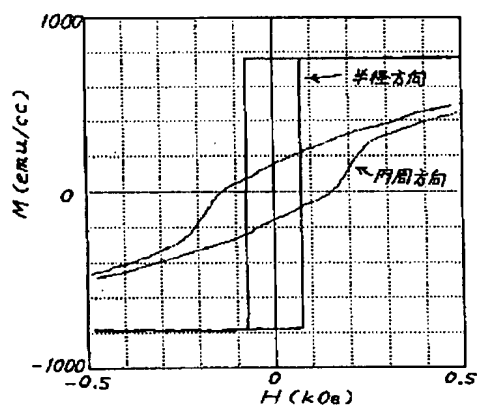
【図11】



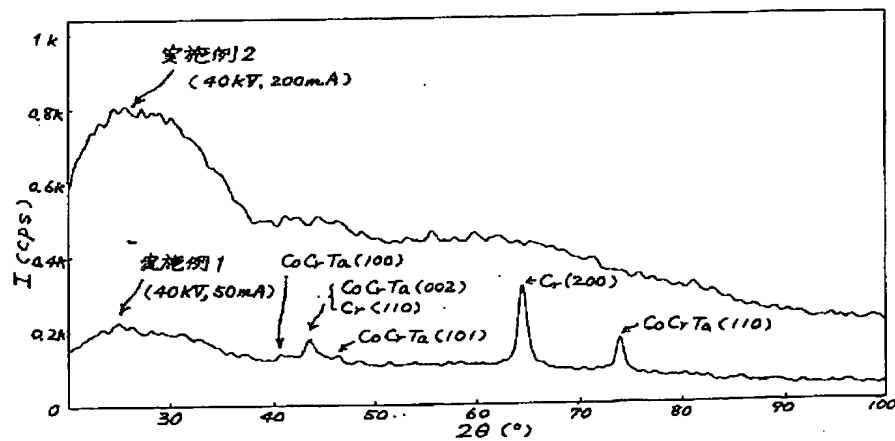
【図12】



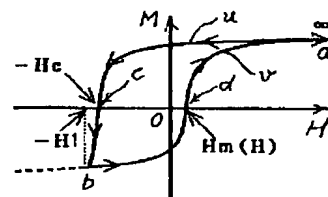
【図15】



【図13】

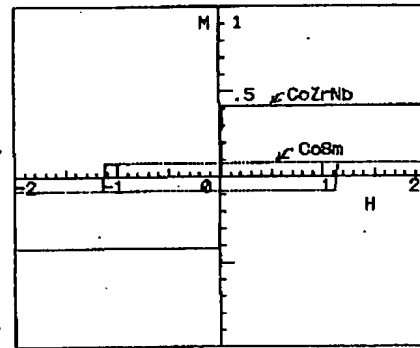
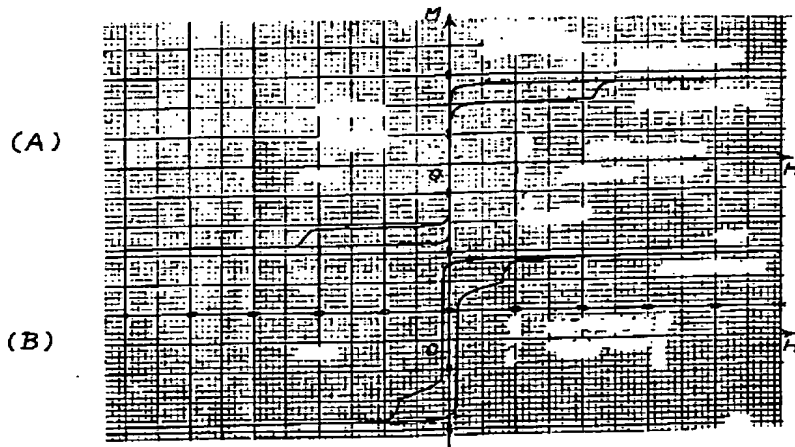


【図19】



【図14】

【図16】



【図20】

【図17】

【図18】

